

a – 20%, 15В, 60 мл/мин; *б* – 25%, 15 В, 60 мл/мин; *в* – 30%; 18 В; 60 мл/мин

Рисунок 2 – Фотографии шлифов прошитых отверстий

Наиболее приемлемые результаты были достигнуты на режимах прошивки с применением электролита концентрацией 25% (рис. 2б), при которых обеспечивалась стабильность электрохимического процесса, достижение требуемой точности и качества поверхности формируемых микроотверстий, а также минимальные размеры кратера на входе в отверстие.

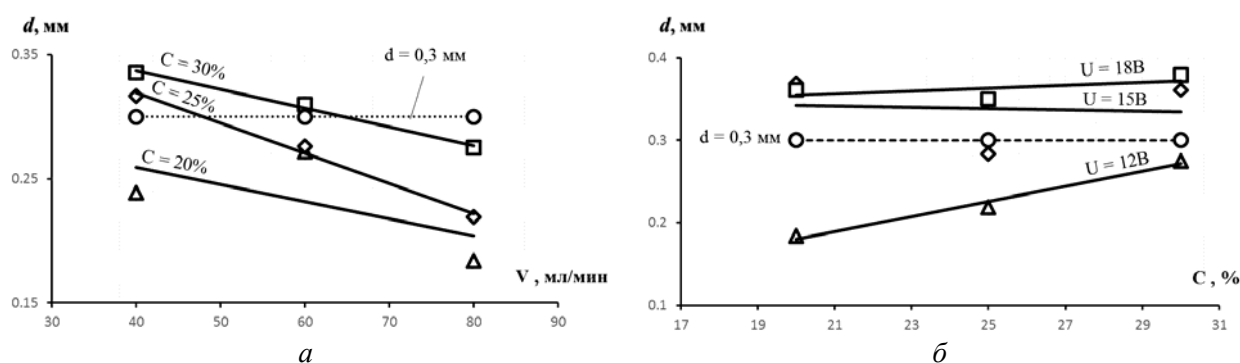


Рисунок 2 – Зависимость диаметра прошитого отверстия от напряжения, концентрации и расхода электролита: *a* – от степени обжата; *б* – от коэффициента вытяжки

По результатам зависимостей влияния напряжения, концентрации и расхода электролита (рисунок 2) в процессе электрохимической прошивки на точность размеров и формы формируемых микроотверстий установлено, что для достижения высоких показателей точности микроотверстий, качества их поверхности и стабильности процесса необходимо выполнять обработку со следующими параметрами: напряжение – 15 В, расход электролита – 60 мл/мин, концентрация электролита – 25 %). При значении напряжения 15 В обеспечивается достаточно высокая точность формируемых микроотверстий; концентрация электролита 25 % обеспечивает стабильность электрохимического процесса при высоком качестве поверхности прошиваемых отверстий; при расходе электролита 60 мл/мин обеспечивается необходимая скорость удаления продуктов электрохимического растворения, что позволяет добиться высокого качества и точности формируемых микроотверстий.

УДК 621.9.047.7

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛИРОВАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ КОМПЛЕКСНОГО ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО И ЭЛЕКТРОЛИТНО-ПЛАЗМЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ В УПРАВЛЯЕМЫХ ИМПУЛЬСНЫХ РЕЖИМАХ

Алексеев Ю.Г., Нусс В.С., Королёв А.Ю., Паршутто А.Э., Будницкий А.С.

Белорусский национальный технический университет

Abstract. The technology for surface polishing using integrated electrochemical and electrolyte-plasma exposure in controlled pulsed modes has been developed. Developed technology is highly effective compared to existing methods due to the main intensive metal removal during the implementation of the electrochemical stage with low energy costs and optimization of the duration of the electrolyte-plasma stage, in which high surface quality is achieved.

Электролитно-плазменная обработка (ЭПО) получила широкое распространение в промышленности в качестве альтернативы традиционным химическим, электрохимическим и механическим методам повышения качества поверхности изделий из металлических материалов [1, 2]. ЭПО имеет ряд существенных преимуществ перед традиционным методом электрохимического химического полирования: использование в качестве дешевых электролитов на основе водных растворов солей концентрацией 3–5%, высокая интенсивность сглаживания микронеровностей. Однако, основным недостатком ЭПО по сравнению с электрохимическим полированием является высокая энергоемкость. Так, ЭПО выполняется при напряжении около 300 В и плотности тока 0,12–0,15 А/см², а в процессе электрохимического полирования напряжение обычно не превышает 30 В при таких же значениях плотности тока. Таким образом, энергопотребление при ЭПО на порядок выше, чем при электрохимическом полировании.

Электрохимическое полирование и ЭПО являются разновидностями анодного процесса. Так, традиционно вольтамперная характеристика анодного процесса в электролите имеет три стадии – электрохимическая, переходная (нестационарная), электролитно-плазменная:

- при сравнительно низких напряжениях (до 40–50 В) в электролите происходят классические электрохимические процессы;

- в переходной (нестационарной) стадии при напряжении 50–200 В вокруг анода образуется неустойчивая парогазовая оболочка, характеризующаяся низкочастотными колебаниями тока;

- устойчивая стадия процесса (200–350 В), соответствующая режиму ЭПО, которая сопровождается формированием сплошной парогазовой оболочки вокруг всей обрабатываемой поверхности; возникает многофазная система металл-плазма-газ-электролит, а явления, происходящие в приэлектродной области, не описываются в рамках классической электрохимии.

Анализ вольтамперной характеристики анодного процесса в электролите показывает, что возможным методом снижения энергоемкости и повышения эффективности процесса полирования металлических материалов при сохранении высокой интенсивности, качества обработки и экологической безопасности является совмещение в одном процессе двух стадий: электрохимической и электролитно-плазменной. Это может быть достигнуто за счет использования униполярного импульсного режима с амплитудой более 200 В, при котором в пределах каждого импульса последовательно чередуются стадия электрохимического процесса, переходная стадия и устойчивая стадия ЭПО. Соответственно импульсы должны иметь положительную полярность, а их длительность должна быть достаточной для формирования устойчивой парогазовой оболочки, то есть для достижения стадии ЭПО.

Эксперименты, проведенные нами на цилиндрических образцах диаметром 2 мм из коррозионностойкой стали 12Х18Н10Т при использовании в качестве электролита 4%-раствора сульфата аммония показали, что при приложении импульсного напряжения с амплитудой 250 В с длительностью импульсов 0,5–10 мс продолжительность отдельных стадий можно регулировать в следующих диапазонах:

- химическое травление (пауза между импульсами) – 2–10 мс;

- электрохимическая стадия – происходит в начальный период времени, необходимого для установления устойчивой парогазовой оболочки – 0,2–0,5 мс;

- электролитно-плазменная стадия возникает после образования устойчивой парогазовой оболочки и до окончания длительности действия импульса – 0,1–9,0 мс.

По результатам исследований технологии при температуре электролита 90°C, импульсах напряжения амплитудой 200 В, длительностью 2 мс с паузами между импульсами 2 мс, установлено, что съём металла (производительность) при комплексном электрохимическом и электролитно-плазменном воздействии при малой концентрации электролита (4%) в три раза больше, чем при традиционной ЭПО. При концентрации 40%, при которой обеспечивается режим полирования, съём больше в шесть раз по сравнению с режимом ЭПО.

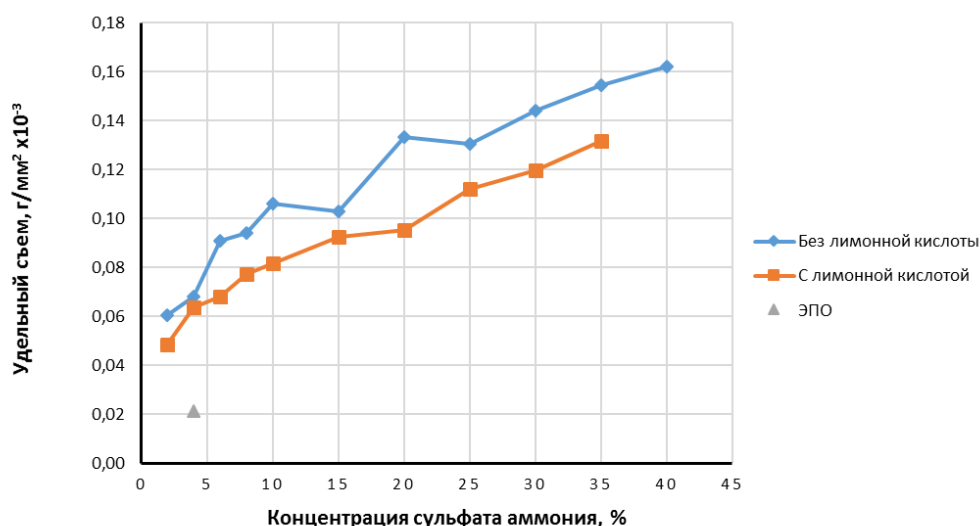


Рисунок 1 – Зависимости удельного съема материала с поверхности образца из нержавеющей стали AISI 316 за 1 мин при комплексной электрохимической и электролитно-плазменной импульсной обработке от концентрации сульфата аммония без добавления и с добавлением 1% лимонной кислоты при амплитуде напряжения импульсов 200 В

Таким образом, повышение эффективности процесса полирования достигается за счет основного интенсивного съема металла при реализации электрохимической стадии с низкими энергетическими затратами и оптимизации продолжительности электролитно-плазменной стадии, при которой достигается высокое качество поверхности. Повышение частоты следования импульсов при снижении их длительности позволяет увеличить электрохимическую составляющую процесса и обеспечить более интенсивный съем материала заготовки, удалить значительные неровности поверхности. Снижение частоты следования импульсов при одновременном увеличении их длительности позволяет увеличить электролитно-плазменную составляющую процесса и достигнуть низкой шероховатости при общем снижении энергоемкости процесса.

УДК 334

ПОДГОТОВКА СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ БЕЗОПАСНОСТИ В БЕЛОРУССКОМ НАЦИОНАЛЬНОМ ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ

Антошин А.А., Воробей Р.И.

Белорусский национальный технический университет

В современном мире существует множество угроз, которым должно противостоять современное человеческое сообщество. К ним относится все от угроз хищения имущества отдельных граждан и актов вандализма до локальных конфликтов и террористических акций. Эта проблема становится все более актуальной, в том числе и в связи с ростом концентрации людей и источников энергии. Именно поэтому данное направление наиболее интенсивно стало развиваться в области атомной энергетики. Исследования и разработки в этой области предназначались для организации защиты государственных ядерных объектов. В России этим занимался Минатом, а в США Министерство энергетики. В 1996 году в США был основан Юго-Западный институт основ безопасности. Целью этого института является разработка учебных программ по вопросам безопасности [1]. В том же году в БГПА на приборостроительном факультете была открыта специализация «Приборы и системы охранной сигнализации и безопасности», которая в настоящее время преобразовалась в специальность «Техническое обеспечение безопасности».

Специальность 1-38 02 03 00 «Техническое обеспечение безопасности» направлена на обеспечение потребности Республики Беларусь в специалистах, занимающихся разработкой проектной документации современных технических систем обеспечения безопасности